



Universidade de Brasília  
IB / IG / IQ / FACE-ECO / CDS  
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

Estudos sobre os potenciais alelopáticos de exsudatos radiculares de leguminosas (Fabaceae).

Luciana Cesário Braga

Brasília, DF

Universidade de Brasília  
IB / IG / IQ / FACE-ECO / CDS

Graduação em Ciências Ambientais

Estudos sobre os potenciais alelopáticos de exsudatos radiculares de leguminosas (Fabaceae).

Luciana Cesário Braga

Trabalho de Conclusão de  
Curso apresentado como exigência  
para a obtenção do grau de Bacharel  
em Ciências Ambientais pela  
Universidade de Brasília, sob a  
orientação da Professora Dra. Sarah  
Christina Caldas de Oliveira.

Brasília, DF  
2016

Universidade de Brasília

IB / IG / IQ / FACE-ECO / CDS

GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como  
exigência para a obtenção do grau de Bacharel em  
Ciências Ambientais pela Universidade de Brasília, sob  
a orientação da Professora Dra. Sarah Christina Caldas  
de Oliveira

Luciana Cesário Braga

Aprovado por:

---

Professora orientadora: Prof. Dra. Sarah Christina Caldas Oliveira

---

Professor Examinador: Pedro Henrique Zuchi da Conceição

Brasília, 2016

## **Agradecimentos**

Agradeço primeira a minha família, pelo apoio demonstrado por todos, pela compreensão nos dias mais difíceis, pela paciência e por todo amor e carinho que recebi nesse período tão conturbado.

Agradeço principalmente à minha mãe, que mesmo doente e se recuperando, me ajudou da maneira que podia, seja com me escutando, me ajudando a revisar os pontos importantes, me dando café quando foi necessário ficar acordada até tarde, por nunca ter desistido de tentar me estimular e nem me deixar desistir de nada. Muito obrigada!

À minha irmã Fernanda, que me ajudou a revisar o texto tantas e tantas vezes, assistiu meus ensaios, me ajudou a melhorar cada vez mais o texto e teve a maior paciência ao fazê-lo.

À minha irmã Juliana, que mesmo morando a muitos quilômetros de distância soube me ouvir e ajudou a manter a serenidade quando ela me faltou. Agradeço pelas longas ligações noite a fio e por todo amor que me foi enviado.

À Myriam e Aleksandra por serem os dois melhores presentes que a UnB me deu nesses anos de curso. Por todo apoio, carinho, experiências trocadas, ajudas com textos e conversas que me ajudaram não só na vida acadêmica, mas no contexto geral. Sem vocês a experiência universitária não seria a mesma. Saio com a certeza que ganhei amigas pro resto da vida.

À Professora Sarah Christina Caldas por toda compreensão que recebi nos momentos turbulentos do semestre, pela paciência ao me explicar os trabalhos, por permitir o uso dos materiais do laboratório de Alelopatia e principalmente pela orientação incrível que recebi.

Ao professor Pedro Henrique Zuchi da Conceição por todos os conselhos, auxílio com o curso e as decisões que necessárias a vida acadêmica.

Aos meus colegas de laboratório por ajudarem a fazer essa etapa mais tranquila e divertida possível.

À amiga querida Stella Kênya pela ajuda nos momentos de aperto do trabalho e companhia quando foi necessário.

Aos meus amigos de longa data, Karine Neumann, Michel Martins, Marianna Brandão e Marcus Paiva que souberam compreender meu sumiço durante o semestre, que me apoiaram quando necessário e ainda ouviram minhas reclamações, vocês são incríveis.

Agradeço também a meu pai, Maurício Braga, que mesmo a distância, me ajudou da maneira que pode, sempre tentando me incentivar e apoiar minhas decisões. Agradeço a paciência mesmo em momentos difíceis e a compreensão que recebi. Serei sempre grata a tudo isso.

No mais, agradeço a Deus por toda a força que recebi nesse período, por todas as pessoas incríveis que conheci, por tudo que consegui aprender, por todos os momentos, que mesmo ruins, fizeram de mim uma pessoa melhor cada dia.

## Resumo

A destruição do Cerrado brasileiro com o passar dos anos tem se mostrado cada vez maior e com inúmeros efeitos que apenas podem ser observados a longo prazo. O bioma que ocupa boa parte do território nacional, hoje possui pequenas porções sob proteção legal. Várias medidas de proteção a biodiversidade do Cerrado já foram incentivadas, no entanto pouquíssimas mostraram algum sucesso significativo nessa missão. Apesar de apresentar um solo altamente ácido e empobrecido de nutrientes essenciais, um regime de chuvas estacional (seca intensa em um longo período do ano), o bioma virou cenário importante do agronegócio brasileiro, abrigando grandes fazendas de agricultura e a pecuária de extensão. Essas atividades ganharam mais espaço em meados dos anos de 1970 e continuam até os dias de hoje, o que fez com que apesar 20% de matas remanescentes de Cerrado. Com esse cenário em mente, diversas alternativas para recuperação do bioma começaram a ganhar mais relevância. Uma delas são os estudos alelopáticos para recuperação de áreas degradadas. A alelopatia estuda interação das plantas com o solo e com as outras plantas ao seu redor, tanto de maneira a ajudar a outra planta quanto deletéria. O presente trabalho propõe avaliar o potencial alopático de algumas leguminosas nativas do Cerrado. A verificação e comprovação dessa característica alopática pode avançar com as técnicas de restauração ecológica com o mecanismo de cobertura vegetal. As plantas utilizadas no presente trabalho são da família das Fabaceae, conhecidas como leguminosas. A escolha dessa família se deu pelo conhecimento prévio que essas plantas possuem em devolver os solos alguns nutrientes essenciais, elas são capazes de fixar no solo o nitrogênio atmosférico, fornecer matéria orgânica, cobertura vegetal que protege o solo dos processos erosivos e ainda autonomia do solo em relação ao uso de aditivos. Neste contexto, foi realizada a avaliação do potencial alelopático dos exsudatos radiculares de cinco espécies de leguminosas, são elas: *Hymenaea stilbocarpa* Mart. ex Hayne, nome popular Jatobá do Cerrado; *Dipteryx alata*, Vogel, nome popular Baru; *Plathymenia reticulata* Benth, nome popular Vinhático; *Enterolobium contortisiliquum* (Vell) Morong, nome popular Tamboril; *Copaifera* L, nome popular Copaíba. Foi analisado o efeito dos exsudatos no crescimento inicial de três espécies-modelo: *Lactuca sativa* (alface), *Raphanus sativa* (rabanete) e *Sesamum indicum* (gergelim). Bioensaios foram montados com 10 sementes de cada espécie-modelo em

placas de petri e com 3 concentrações diferentes dos exsudatos (100%, 50% e 25%) e o tratamento controle. O crescimento inicial das plântulas foi fotografado e medido através do software ImageJ®. As diferenças no crescimento inicial foram analisadas de acordo com uma fórmula de variação de porcentagem, usando as medidas obtidas no software. As respostas no crescimento de cada planta modelo variou em relação ao exsudado utilizado. As espécies como o Jatobá e o Baru apresentaram maior efeito no crescimento da parte radicular das espécies-modelo. Em geral, todas apresentaram inibição de crescimento da parte radicular de acordo com a concentração de exsudado ao qual as sementes foram expostas, ou seja, quanto maior a concentração do exsudado, maior a porcentagem de inibição observada. Os resultados obtidos mostram um potencial alelopático significativo nas cinco espécies estudadas, o que justifica a realização de mais estudos para analisar quais são os compostos presentes nos exsudatos e como eles podem vir a ser ferramentas muito úteis na recuperação de áreas degradadas do Cerrado. Além disso, abre portas para uma discussão da alelopatia como recurso viável e eficaz na restauração ecológica e no auxílio ao controle de espécies invasoras.

Palavras-chave: Cerrado, exsudatos radiculares, alelopatia, leguminosas, Fabaceae, Baru, Jatobá.

## Sumário

Índice de tabelas .....	10
Índice de abreviaturas .....	11
1. Introdução .....	12
1.1 Cerrado: suas características principais ameaças.....	12
1.2 Invasão Biológica .....	16
1.3 Restauração Ecológica e seus conceitos .....	18
1.4 Alelopatia e exsudação radicular .....	23
2. Objetivos.....	27
3. Metodologia.....	30
3.1 Preparo dos extratos .....	31
3.2 Bioensaios .....	33
3.3 Medição e análise dos resultados .....	34
4. Resultados.....	34
4.1 Baru.....	35
4.2 Vinhático.....	35
4.3 Jatobá .....	37
4.4 Copaíba .....	37
4.5 Tamboril.....	38
5. Discussão .....	39
6. Conclusão .....	41
7. Referências bibliográficas .....	43



## Índice de figuras

<b>Figura 1:</b> Esquema da variação fisionômica da vegetação do Cerrado. Fonte: adaptação de Durigan, 2003. ....	12
<b>Figura 2:</b> Distribuição espacial das classes de uso da terra no bioma Cerrado no ano de 2002. Fonte: .....	14
<b>Figura 3:</b> Mapa comparativo entre áreas com vegetação originais e a vegetação remanescente do Cerrado. Fonte: Organização Conversação Internacional, 2002. ....	15
<b>Figura 4:</b> Fatores responsáveis pela Degradação dos ambientes. Fonte: Adaptado de Engel & Parrota, 2003. ....	19
<b>Figura 5:</b> Esquematização utilizada para discutir o conceito de Restauração Ecológica no seu sentido mais abrangente. Fonte: Adaptado de Engel & Parrota, 2003.....	20
<b>Figura 6:</b> Esquematização de Restauração Ecológica no seu sentido mais restrito, como volta ao estado inicial. Fonte: Adaptado de Engel & Parrota, 2003.....	21
<b>Figura 7:</b> Ferramenta de análise para seleção de qual medida de recuperação será tomada de acordo com os custos envolvidos, o tempo, status da degradação e a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos. Fonte: Adaptado de Engel & Parrota, 2003 .....	22
<b>Figura 8:</b> Importância da fixação biológica de nitrogênio na recuperação de áreas degradadas e na sustentabilidade de sistemas produtivos. Fonte: Franco et al. (2003) adaptado.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>Figura 9:</b> Esquematização de como funciona a rizosfera e sua interação com o solo. Fonte: .....	26
<b>Figura 10:</b> Mecanismo utilizado para extração de exsudatos radiculares. Fonte: Luciana Braga.....	32
<b>Figura 11:</b> Processo de filtração a vacuo do exsudado radicular retirado anteriormente. Fonte: Luciana Braga.....	33
<b>Figura 12:</b> Os bioensaios montados. A: sementes germinadas de alface; B: sementes germinadas de gergelim; C:sementes germinadas de rabanete. Fonte: Luciana Braga..	34
<b>Figura 13:</b> Porcentagem de inibição/estímulo no crescimento inicial da parte área (PA) e da parte radicular (PR) de plântulas de alface (L. sativa), gergelim (S. indicum) e rabanete (R.sativus) sob a influência do exsudado radicular de D. alata, o Barú. ....	35
<b>Figura 14:</b> Porcentagem de inibição/estímulo no crescimento inicial da parte área (PA) e da parte radicular (PR) de plântulas de alface (L. sativa), gergelim (S. indicum) e rabanete (R.sativus) sob a influência do exsudado radicular de P. reticulata, o vinhático. ....	36
<b>Figura 15:</b> Porcentagem de inibição/estímulo no crescimento inicial da parte área (PA) e da parte radicular (PR) de plântulas de alface (L. sativa), gergelim (S. indicum) e rabanete (R.sativus) sob a influência do exsudado radicular de H. stilbocarpa. ....	37
<b>Figura 16:</b> Porcentagem de inibição/estímulo no crescimento inicial da parte área (PA) e da parte radicular (PR) de plântulas de alface (L. sativa), gergelim (S. indicum) e rabanete (R.sativus) sob a influência do exsudado radicular de Copaifera L. ....	38

**Figura 17:** Porcentagem de inibição/estímulo no crescimento inicial da parte área (PA) e da parte radicular (PR) de plântulas de alface (*L. sativa*), gergelim (*S. indicum*) e rabanete (*R. sativus*) sob a influência do exsudado radicular de *E. contortisiliquum*. ..... 39

Índice de tabelas

Tabela 1: Principais usos da terra no Cerrado. ....	14
Tabela 2: Leguminosas utilizadas na recuperação de áreas degradadas (RAD) .....	30
Tabela 3: Porcentagem de inibição de crescimento nos três tratamentos com exsudatos radiculares de Baru .....	35
Tabela 4: Porcentagem de inibição de crescimento nos três tratamentos com exsudatos radiculares de Vinhático .....	36
Tabela 5: Porcentagem de inibição de crescimento nos três tratamentos com exsudatos radiculares de Jatobá.....	37
Tabela 6: Porcentagem de inibição de crescimento nos três tratamentos com exsudatos radiculares de Copaíba.....	38
Tabela 7: Porcentagem de inibição de crescimento nos três tratamentos com exsudatos radiculares de Tamboril. ....	39

## Índice de abreviaturas

UNEP - United Nations Environment Programme

ONU – Organização das Nações Unidas

UC - Unidade de Conservação

MO – Matéria orgânica

EEI – Espécies exóticas invasoras

RAD – Recuperação de áreas degradadas

GISP - Programa Global de Espécies Invasoras

## 1. Introdução

### 1.1 Cerrado: suas características e principais ameaças

O território brasileiro abriga uma vasta vegetação, com grande diversidade de clima, solo, fauna e flora. Sua localização é privilegiada, intertropical, e o Brasil é considerado um dos hotspots de maior biodiversidade do mundo. Os hotspots são regiões do mundo que representam exemplares de habitats naturais que compreendem 60% do patrimônio biológico mundial e ocupam apenas cerca de 1,4% da superfície terrestre (Covas, 2011). Esse território foi dividido em áreas de clima e vegetação comuns, conferindo um total de cinco biomas, que são: a Mata Atlântica, a Caatinga, a Amazônia, o Pampa e o Pantanal.

O Cerrado brasileiro é o segundo maior bioma nacional, tanto em extensão quanto em biodiversidade, perdendo apenas para a Amazônia. Compreende uma área aproximada de 21% do território brasileiro, com aproximadamente 2 milhões de km<sup>2</sup>, com a mais rica fauna e flora do mundo, com mais de 7.000 espécies e alto nível de endemismo (Klink, 2005). Engloba os estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, MinasGerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, Paraná, São Paulo e Distrito Federal, além dos enclaves no Amapá, Roraima e Amazonas.

Internacionalmente, o Cerrado é conhecido como uma vegetação savânica que apresenta relações ecológicas e fisionômicas com outras savanas da América, Ásia e África (Durigan, 2003 apud Beard 1953). A vegetação do Cerrado é compreendida como um mosaico, que varia desde campo limpo até regiões de Cerradão como pode ser observado na Figura 1.



Figura 1: Esquema da variação fisionômica da vegetação do Cerrado. Fonte: adaptação de Durigan, 2003.

O clima deste bioma é caracterizado como estacional, ou seja, um período chuvoso seguido por um período de seca intensa. A temporada de chuva dura de outubro a março e a época de estiagem de abril a setembro. A média anual de precipitação gira em torno de 1.500mm (Klink, 2005).

A deficiência hídrica foi colocada como justificativa das características escleromórficas presentes no Cerrado, porém a análise dos dados anuais de precipitação essa deficiência não foi suficiente para explicar esse padrão. Posteriormente, acreditou-se que o regime de fogo, muito comum na região seria o responsável por tal padrão. No entanto, o Cerrado que temos nos dias atuais foi desenvolvido em solos muito antigos, sobre rochas pobres, que sofreram forte movimento de intemperização. Isso o tornou mais ácido, pobre em muitos nutrientes (principalmente em N, K, P, S, Ca, Mg) e altamente saturado de alumínio (Durigan, 2003).

Esse conjunto de fatores como: solo pobre, regime de chuvas estacional, a biota e o regime de fogo, dão ao Cerrado esse aspecto xeromórfico a vegetação. Mesmo com o solo empobrecido e necessitando cada vez mais de aditivos, esses fatores não serviram de impedimento suficiente para o crescimento das atividades de pecuária e agricultura na região. O solo é corrigido com aditivos, tipo fertilizantes e calcário, o que permitiu que a agricultura de grande escala ou de extensão se estabelecesse neste bioma. Isto inclui culturas de soja, cana-de-açúcar, milho, com nível alto nível de especialização visando o mercado de exportação e com maquinários bem especializados. Na figura 2, podemos observar um esquema prático da divisão do Cerrado de acordo com o uso da terra.

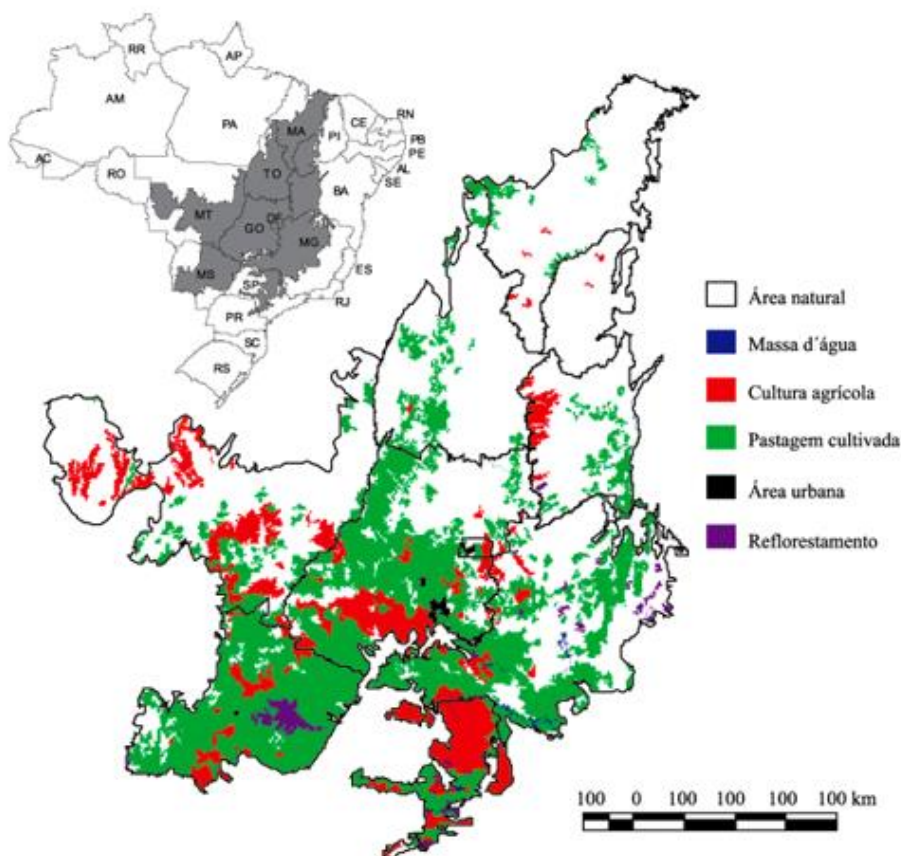


Figura 2: Distribuição espacial das classes de uso da terra no bioma Cerrado no ano de 2002. Fonte: E.E. Sano et al

A tabela 1 mostra como o bioma está sendo ocupado e quais seus principais usos. Apesar de desatualizadas, tanto a figura quanto a tabela conseguem transmitir o quanto a agricultura e as pastagens têm crescido na região, mostrando-se como as duas maiores ameaças evidentes ao bioma.

Tabela 1: Principais usos da terra no Cerrado.

Uso da terra	Área (ha)	%Área Central do Bioma
Áreas nativas <sup>b</sup>	70.581.162	44,53
Pastagens plantadas	65.874.145	41,56
Agricultura	17.984.719	11,35
Florestas plantadas	116.760	0,07
Áreas urbanas	3.006.830	1,9
Outros	930.304	0,59
Total	158.493.921	

<sup>a</sup> Categorias classificadas de acordo com o tipo de cobertura do solo (Machado et al., 2004)

<sup>b</sup> Estimativas sem aferição em campo e incluindo áreas nativas em qualquer estado de conservação.

Fonte: Machado et al. (2004a) adaptado.

As pastagens que utilizam as gramíneas de origem africana, somavam no ano de 2005 cerca de 500.000 km<sup>2</sup> da área total do bioma. Tendo em vista que o restante da área ainda abriga grandes extensões de monocultura, principalmente de soja e milho, que crescem a cada ano, percebe-se o enorme risco a biodiversidade e o quanto o bioma está desprotegido. Estudos mostraram que em 2002, cerca de 55% do Cerrado já havia sido desmatado ou sofrido algum tipo de transformação resultante da ação humana (Machado *et al.*, 2004a).

As transformações ocorridas vão além da ocupação, englobam também os efeitos resultantes e que são perceptíveis a curto e longo prazo como: fragmentação de habitats, invasão por espécies exóticas, poluição de aquíferos, alterações nos regimes de queimadas, desequilíbrios na ciclagem do carbono, erosões do solo e ainda possíveis alterações climáticas na região (Klink & Machado, 2005).

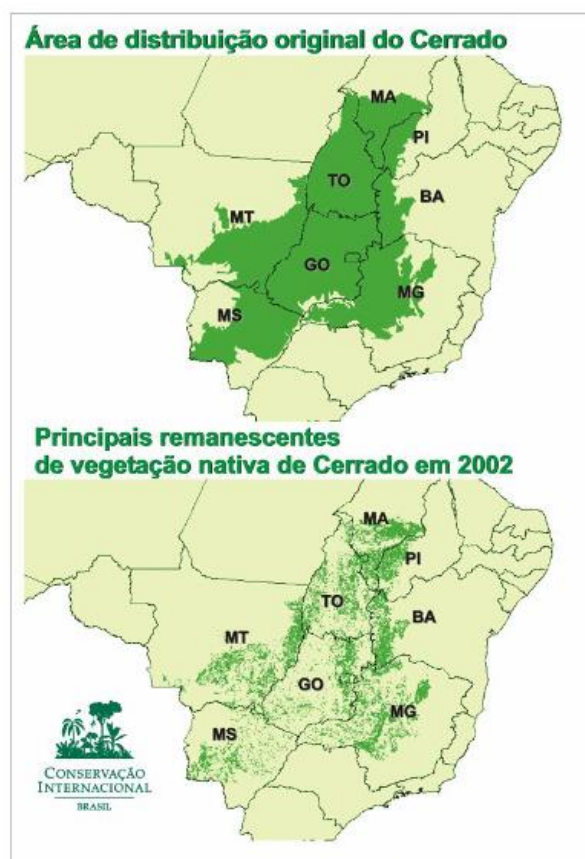


Figura 3: Mapa comparativo entre áreas com vegetação original e a vegetação remanescente do Cerrado. Fonte: Organização Conervação Internacional, 2002.

Todas essas modificações podem ser observadas no mapa comparativo da Figura 3, que foi divulgado pela Organização de Conservação Internacional em 2002. A imagem

mostra a demarcação do que era o bioma Cerrado e todas as modificações territoriais que ele sofreu até o ano de 2002

## 1.2 Invasão Biológica

Segundo Sampaio & Schmidt (2013) as invasões biológicas são causadas pela introdução intencional ou acidental de espécies exóticas, que geram perdas aos ambientes invadidos, as espécies nativas e para as atividades antrópicas. Ocorre em todo o mundo, inclusive em dentro de Unidades de Conservação e tem se tornado um problema muito sério dentro desses ambientes. A falta de conhecimento dos mecanismos que favorecem essas espécies exóticas invasoras (EEI) em relação as espécies nativas dificulta o controle e o manejo correto das mesmas (Klink, 1994).

Muitas dessas EEI foram introduzidas em vários países como plantas ornamentais ou ainda na produção agrícola. No entanto, não é de hoje que existe preocupação com este tipo de invasão. Em 2001, acreditava-se que cerca de 491 espécies exóticas presentes na África do Sul foram lá introduzidas para fins ornamentais, isso sem contar as que foram introduzidas com outras finalidades como forragem animal, culturas agrícolas, e etc (Ziller, 2001).

Atualmente, a presença de EEI em áreas com vegetação natural é uma das maiores causas de perda de biodiversidade no mundo. Segundo o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (United Nations Environment Programme, UNEP) em 2005, ganhando o posto de segundo lugar no ranking. O primeiro lugar ficou com a destruição ou fragmentação de habitats. Essa séria ameaça levou a Organização das Nações Unidas (ONU), juntamente com outros órgãos, a criar em 1997 o que foi chamado de Programa Global de Espécies Invasoras (GISP). Esse programa visava elaborar diagnósticos, apontar diretrizes, criar planos de ação e principalmente, adquirir mais conhecimento científico sobre essas espécies.

No bioma Cerrado, quase todas as Unidades de Conservação (UCs) tem áreas invadidas por EEI e principalmente por gramíneas africanas, sendo as principais o capim-jaraguá – *Hyparrhenia rufa*, o capim-colonião – *Panicum maximum*, o capim-gordura – *Melinis minutiflora*, além de algumas braquiárias.

O capim-gordura em especial gera enormes transtornos. Ele foi introduzido com alimento para a pecuária, e encontrou ótimas condições para se estabelecer. No entanto,



é uma planta altamente inflamável e o Cerrado está adaptado ao regime de queimadas. A diferença é que com a introdução deste capim, as temperaturas das queimadas assim com suas extensões cresceram de maneira muito rápida, fazendo com que o bioma que era acostumado com fogo não estivesse preparado para esse grau de temperatura, devastando assim ainda mais a região e abrindo mais espaço para o estabelecimento dessa invasora (Freitas e Pivello, 2005; Klink 2005; D'Antonio & Vitousek, 1992).

Ainda existe a presença de outra ameaça para o Cerrado brasileiro, a *Brachiaria decumbens*, uma outra gramínea africana. Estudos realizados em 2008 demonstraram que essa espécie libera facilmente no ambiente aleloquímicos que funcionariam como facilitadores na competitividade dessa espécie pela disponibilidade de recursos, aumentando assim seu sucesso na invasão (Barbosa, E. G. et al, 2008)

Pequenas mudanças ecossistêmicas, mesmo que em âmbito local, podem acarretar mudanças maiores e no uso da terra, gerando distúrbios cada vez maiores. Percebe-se então que as EEI são uma ameaça tão forte devido a mudança que acarretam no funcionamento e na dinâmica de funcionamento do ecossistema invadido e não somente ao fato de serem competidoras eficientes contra as espécies nativas nos ambientes onde são introduzidas (D'Antonio & Vitousek, 1992).

A chamada pressão de propágulo desempenha um papel determinante para o sucesso no estabelecimento das EEI, pois ela se refere a quantidade de indivíduos que chegaram a área invadida, a frequência de introdução de propágulos, características fisiológicas desses indivíduos, bem como a quantidade de locais invadidos e a qualidade dos mesmos (Sampaio & Schmidt, 2013).

Dentro do grupo de espécies exóticas, as gramíneas invasoras são especiais, pois tiveram sua introdução relacionada as atividades humanas e principalmente as mudanças no uso da terra. As gramíneas exóticas africanas, de acordo com Williams e Baruch (2000), vieram para as Américas com objetivo de servirem para criação de pastos devido a sua alta produtividade primária e resistência.

Após seu estabelecimento, essas espécies tendem, dentro de um certo intervalo de tempo, ir mudando as características do meio invadido a seu favor, ganhando assim vantagens competitivas em detrimento as espécies nativas do meio (Vitousek, 1992, Martins, 2006, Carmona et al, 1999). Essas vantagens competitivas estão associadas a

eficiência na competição por água, elevado potencial germinativo das sementes, tamanho reduzido, alta longevidade do banco de sementes produzidas, alta produção foliar que funciona muito bem como barreira a chegada e emergência de plântulas em pequenas profundidades de solo (Martins et al, 2009, Martins, 2006, Carmona et al, 1999).

As EEI de um mundo geral, alteram e reduzem os processos regenerativos naturais dos ecossistemas invadidos. Sendo assim, para que esses ambientes possam voltar a ser contribuintes diretos da conservação da biodiversidade há a necessidade de implantação de programas que visam a restauração ecológica (Araki, 2005).

### 1.3 Restauração Ecológica e seus conceitos

O mundo, em sua busca constante por desenvolvimento, se tornou palco de vários desastres ambientais ao longo dos anos. No Brasil, devido ao processo de colonização com caráter de exploração e a ocupação desordenada, a fragmentação de paisagem se tornou um fator de sério risco ao ambiente e sua biodiversidade.

O crescimento acelerado das grandes cidades, o aumento acelerado da população, desmatamento, queimadas, aumento das grandes plantações de monocultura e o crescimento da pecuária extensiva, propiciaram esse cenário preocupante. De acordo com a Fundação SOS Mata Atlântica e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, em 1992, o estado de São Paulo possuía apenas 7,16% da cobertura vegetal natural. A partir desse contexto surgiu então a necessidade de estudar maneiras viáveis de tentar restaurar esses ecossistemas que sofreram fortes ou intensos impactos e foram e ainda são continuamente degradados.

Os ecossistemas não são sistemas estáticos ou inertes, muito pelo contrário, eles são capazes sofrer flutuações em sua estrutura de acordo com mudanças ambientais ao longo do tempo, sendo assim capazes de se adaptar a essas mudanças temporais. Todos os tipos de ecossistemas, sejam eles terrestre, marinhos ou de água doce, estão sujeitos a distúrbios naturais ou antrópicos que podem alterar sua estrutura.

De acordo com White & Pickett (1985) a definição de distúrbio é: um evento relativamente discreto no tempo que altera a estrutura seja de um ecossistema, ou de uma população ou ainda uma comunidade, e ainda provoca mudanças na disponibilidade de recursos ou meio físico (Engel e Parrota, 2003).

Um ecossistema tende a reagir aos distúrbios de maneira a tentar voltar para sua situação de equilíbrio dinâmico e desse mecanismo surgiram alguns conceitos

importantes para a compreensão dessas perturbações como resistência e resiliência. A resistência é a capacidade de um sistema se manter constante após sofrer algum tipo de distúrbio. A resiliência é a capacidade de um sistema voltar ao equilíbrio após ter sofrido algum tipo de perturbação ou distúrbio com certa rapidez.

Sendo assim, um ecossistema degradado é descrito como sendo um sistema onde a sua estabilidade foi comprometida devido a uma série de mudanças drásticas nos distúrbios já esperados, fazendo com que o equilíbrio homeostático seja alterado, diminuindo assim a resiliência e diminuindo também a resistência desse sistema a novos distúrbios, causando assim um colapso nos processos naturais e degradação irreversível. Em outras palavras é um sistema que sofreu ações antrópicas, diminuindo assim sua resiliência, porém mantendo seus processos de regeneração biótica.

No entanto, quando os níveis de degradação atingem esses processos de regeneração, através de danos irreversíveis, caracteriza uma área degradada (Engel e Parrotta, 2003, apud Minter, 1990).

Uma área degradada então é entendida por Brown e Lugo (1994) como áreas que foram tão alteradas pela atividade humana que teve sua habilidade de satisfazer seus usos particulares reduzidos e que perdeu a capacidade natural de repor as perdas de matéria orgânica, nutrientes, biomassa, etc. Para que isso ocorra, existem uma série de fatores, que quando associados, aumentam o nível de degradação desse ambiente. Esses fatores podem ser observados na Figura 4.



Figura 4: Fatores responsáveis pela Degradação dos ambientes. Fonte: Adaptado de Engel & Parrotta, 2003.

Um ecossistema perturbado de maneira natural ou por ação antrópica pode ser recomposto através de alguns processos que se utilizam de técnicas de restauração, reabilitação ou ainda recuperação.

A recuperação é reconstituição das características mais importantes desse ecossistema, a reabilitação é a composição de um novo ecossistema, parecido com o original, com as características desejáveis, porém distinto do modelo.

A restauração é uma técnica que difere das demais porque promove a manutenção dos meios de regeneração biótica desse ecossistema, podendo assim deixá-lo se recompor ao longo do tempo, com pousio ou ainda com a ajuda do homem (Flores-Aylas, 1999 apud Araki, 2005). Sabe-se que a restauração é uma prática antiga, porém que se desenvolveu muito nos últimos anos e hoje agrega conceitos de variadas áreas, como a biogeografia, genética, ecologia, demografia, além das informações sobre características físicas e biológicas do ambiente a ser recuperado (Kageyama & Gandara, 2000 apud Araki, 2005). A Figura 5 mostra uma esquematização do conceito de restauração ambiental no modo mais amplo e abrangente.

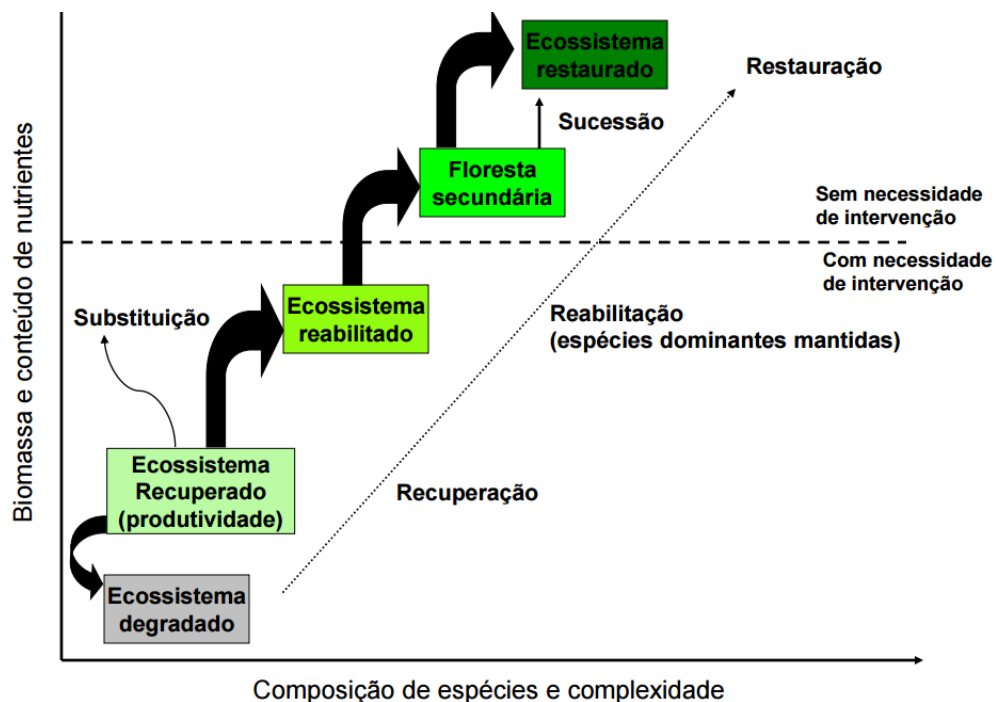


Figura 5: Esquematização utilizada para discutir o conceito de Restauração Ecológica no seu sentido mais abrangente. Fonte: Adaptado de Engel & Parrota, 2003.

Durante muitos anos, o termo restauração foi usado apenas em seu sentido restrito, de retorno ao estado original. Com isso em mente, Engel e Parrota (2003), mostraram

como essa ideia era disseminada de maneira equivocada, e que seu conceito seguia para um objetivo impossível de ser alcançado, tendo em vista que pouco se sabe sobre as condições originais de um ecossistema e que os processos de sucessão nem sempre podem ser previstos e assim incluídos nas análises.

Devido a estes pontos, no Brasil prefere-se o uso dos termos recuperação e reabilitação. A Figura 6 apresenta um gráfico onde a definição de restauração ambiental é considerada no sentido mais restrito, como retorno a condição inicial.

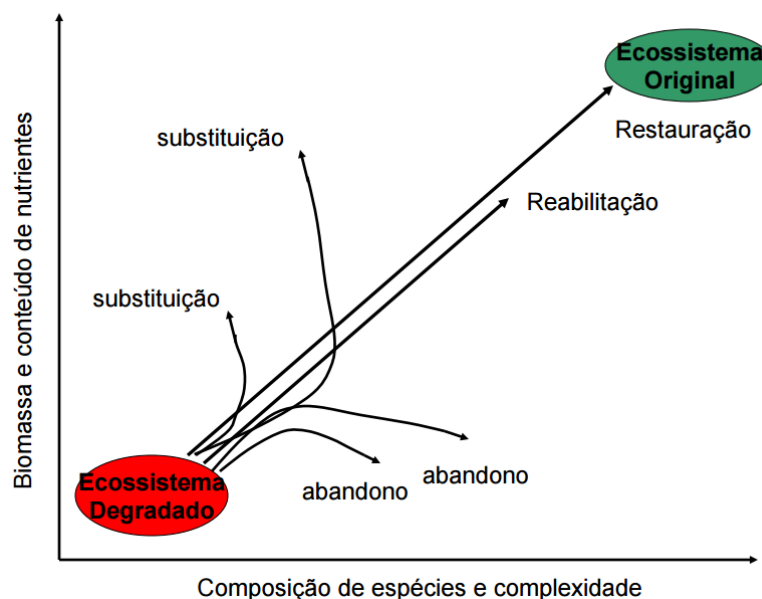


Figura 6: Esquematização de Restauração Ecológica no seu sentido mais restrito, como volta ao estado inicial. Fonte: Adaptado de Engel & Parrota, 2003.

A recuperação de um ecossistema depende de uma análise profunda do tipo de degradação que aquela área sofreu, a cronologia e as consequências desse processo. A partir daí é possível traçar qual a melhor estratégia de recuperação e se será necessária a intervenção humana para que os impedimentos existentes a recuperação natural sejam superados. Para que a escolha da estratégia a ser adotada seja eficiente na recuperação dessa área degradada, são necessária a análise de custo, extensão da degradação e ainda se a biodiversidade local e se os serviços ecossistêmicos foram afetados e o grau de gravidade da situação, como pode ser observado na Figura 7.

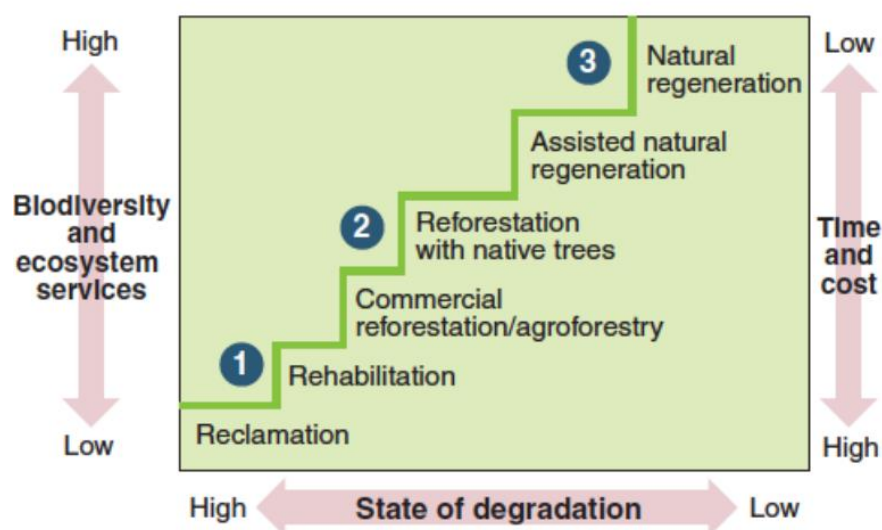


Figura 7: Ferramenta de análise para seleção de qual medida de recuperação será tomada de acordo com os custos envolvidos, o tempo, status da degradação e a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos. Fonte: Adaptado de Engel & Parrota, 2003

Sabendo que o solo é um dos recursos naturais de maior importância para o homem, ele desempenha as mais variadas funções, sendo importante para a sustentabilidade dos sistemas naturais e fundamental na produção de alimentos (Nogueira, 2012). Com o desenvolvimento agrícola mundial, o uso e a ocupação humana desordenada, surgiu uma maior preocupação com a qualidade dos solos e na sustentabilidade da exploração agrícola dentro dos parâmetros atuais.

A alta degradação dos solos gerada em grande parte por monoculturas e pastagens, localizadas principalmente nos países tropicais, vem reduzindo a qualidade do solo gradativamente. A outra parte deste tipo de degradação vem por meio da ocupação humana, o crescimento desordenado dos grandes centros, o aumento da poluição, desmatamento e do uso inadequado desse recurso tão necessário.

Percebendo essa tendência criou-se um conceito de qualidade do solo, sendo assim caracterizado pela capacidade do solo de manter a produtividade biológica, a qualidade ambiental e a vida vegetal e animal saudável na Terra (Doran & Parkin, 1994). Essa degradação se dá em duas etapas, a primeira sendo a degradação agrícola e a segunda a degradação biológica.

Para evitar a degradação dos solos manejados, foram eleitas algumas variáveis químicas e biológicas importantes na qualificação do mesmo, o carbono orgânico total (COT) e a matéria orgânica (MO) presente são bons exemplos dessas variáveis. Algumas

leguminosas são consideradas como pertencente ao grupo de plantas recuperadoras de solo, pois aumentam o teor de matéria orgânica por se desenvolvem rapidamente e com isso promovem a recuperação das características físicas químicas e biológicas do solo (Bertoni et al. 1972; Miyasaka, 1894, Santos et al, 2001).

As monoculturas trazem inúmeros prejuízos ao solo, somando a isso as grandes extensões dessas plantações e ainda o uso de insumos que combatem pragas e aumentam a produtividade, temos um cenário de constantes degradações e diminuição exponencial de nutrientes disponíveis para as próximas plantações e para a vegetação natural. Fica assim caracterizada a primeira fase da degradação, quando ocorre a perda na produtividade econômica.

Cada tipo de planta tem uma necessidade especial por algum tipo de nutriente, ou seja, existem plantas que se desenvolvem em solos ácidos, outras em solos mais ricos em nitrogênio (N), e etc. Sabendo disso, uma monocultura de grandes proporções consome do solo enormes quantidades de nutrientes específicos, que ao longo do tempo, não conseguem retornar ao solo de maneira natural (muitas vezes, não há pousio). Sendo assim, são necessárias maiores quantidades de insumos para alimentar as plantações, limitando cada vez mais a produtividade agrícola, levando o solo a exaustão, caracterizando assim a segunda etapa da degradação, quando ocorre a redução do potencial de produção de biomassa vegetal.

Existem técnicas que podem, a longo prazo, amenizar esses efeitos sobre o solo, como plantio direto, menor revolvimento do solo, adoção de sistemas agrícolas que incluam uma rotatividade de culturas e a inserção de leguminosas e gramíneas, mantendo assim boas características do solo além dos limites superficiais.

#### 1.4 Alelopatia e exsudação radicular

As plantas conseguem se estabelecer em seus ambientes naturais devido ao acesso aos recursos básicos e as condições do ambiente, porém encontram obstáculos a sua sobrevivência assim como têm que lidar com um limite de recursos, que são basicamente água, nutrientes e luz.

Uma grande variedade de vegetais produz compostos orgânicos que não parecem ter uma relação direta com seu crescimento ou desenvolvimento. Esses compostos são conhecidos como metabólitos secundários e diferem dos primários (açúcares,

aminoácidos, etc), pois apresentam-se apenas em alguns grupos do reino vegetal, enquanto os primários estão em todos os representantes do grupo.

Por muitos anos, a funcionalidade desses compostos secundários ficou desconhecida, até que em meados do século XIX, foram descobertas características medicinais, aromáticas, venenosas e até para utilização industrial como matéria prima. Posteriormente, foram estudados de forma a apresentarem características ecológicas com importância significativa nos vegetais que os possuíam. São elas proteção contra herbivoria e patógenos infecciosos, chamariz de polinizadores e de animais com potencial para atuarem como dispersores de sementes e ainda como mecanismo de auxílio nas competições planta *versus* planta.

Esses metabólitos podem ser divididos em três grupos com características químicas bem distintas, são eles: os terpenos, compostos fenólicos e compostos nitrogenados (Taiz & Zeiger, 2009). Eles podem ser liberados no ambiente por meio da exsudação, lixiviação, decomposição e volatilização. Em contato com o ambiente, esses compostos podem causar interações em outras plantas, podendo gerar uma fitotoxicidade, característica estudada pelo que seria posteriormente chamado de alelopatia.

O termo alelopatia surgiu com Hans Molisch em 1937, através da observação de algumas plantas e na interferência delas nas plantas vizinhas. Embora essas observações já tenham sido feitas anteriormente, foi com Molisch que ela ganhou esse nome, *allelon* que significa de um para o outro e *páthos* que significa sofrer. De acordo com a Sociedade Internacional de Alelopatia (2012), a alelopatia pode ser descrita como “processos envolvendo metabólitos secundários produzidos por plantas, algas, bactérias ou fungos que influenciam o desenvolvimento natural e sistemas agrícolas”.

Sendo assim, os aleloquímicos (que são os produtos químicos resultantes do metabolismo secundário) produzidos podem funcionar como mecanismo ecológico de grande importância, tanto em ecossistemas naturais quanto manejados, pois podem determinar a estruturação e a composição das comunidades vegetais envolvidas (Reigosa, *et al.*, 2013). Essas substâncias podem vir a serem encontradas em várias partes da planta e ainda com concentrações também diferenciadas em cada local e durante o ciclo de vida da planta (Almeida, 1993).

Rice (1987) descreve que existem mais 300 compostos secundários vegetais e microbiológicos pertencentes a várias classes de produtos químicos, número esse que continua aumentando significativamente a medida que novos estudos estão sendo realizados. Esses números mostram a gama de compostos que podem ser incluídos nas



pesquisas e ainda funcionar como uma dificuldade a ser ultrapassada na busca de novos conhecimentos na área.

Os estudos alelopáticos podem vir a serem confundidos com análises de fitotoxicidade, porém existem diferenças metodológicas importantes em cada tipo de estudo. Para os estudos de alelopatia, são simuladas situações onde a liberação dos aleloquímicos ocorre de maneira “natural”, ou seja, como ocorreria no ambiente original desta planta seriam eventos como lixiviação, exsudação, decomposição do tecido vegetal e a volatilização desses compostos, ou ainda obtidas dentro de ambientes controlados como laboratórios através da extração aquosa de algum tecido da planta (Reigosa, 2013).

Comumente, para os estudos de identificação de plantas com potencial alelopático são realizados bioensaios, onde as análises são realizadas nos estágios iniciais de desenvolvimento de plantas, chamadas de plantas-alvo. Para isso, são montados testes de germinação com as sementes dessas plantas, montadas em placas de Petri, forradas com papel filtro e molhadas com o extrato da planta com o potencial alelopático e colocadas em câmaras de germinação, geralmente a 25 graus Celsius.

A identificação da alelopatia ocorre a partir da verificação na mudança das taxas de germinação das sementes, assim como variações no desenvolvimento da planta-alvo, como alterações tanto na parte aérea quanto da parte radicular (Wu *et al.*, 2001). Essas alterações irão ocorrer em ambiente natural se os químicos liberados estiverem em quantidade suficiente no meio, ou seja, dependendo da concentração, os efeitos alelopáticos podem não aparecer.

Essas espécies cultivadas das plantas-alvo, são geralmente usadas nesses testes e estudos, pois além de apresentarem suas condições ótimas de germinação já conhecidas, suas sementes viáveis são facilmente disponibilizadas e adquiridas, ainda há a possibilidade de realizar uma comparação com outros estudos já efetuados com as mesmas espécies que podem indicar a sensibilidade dessas plantas a compostos alelopáticos. As plantas mais comuns a serem usadas como espécie-modelo são o rabanete (*Raphanus sativa*) e a alface (*Lactuca sativa*).

Essas propriedades atribuídas a alelopatia vêm ganhando cada vez mais espaço no cenário científico atual, principalmente como alternativa para controle de pragas ou como ferramenta importante na restauração ecológica. Os estudos em torno da alelopatia ganharam impulsos a partir da hipótese de que seria uma dos mecanismos que determinam o sucesso de estabelecimento e dominância de espécies exóticas invasoras (EEI) em

ambientes fora de sua área de distribuição natural (Hierro & Callaway, 2003; Ridenour & Callaway, 2001; El-Ghareeb, 1991).

A raiz das plantas, apesar de oculta, desempenha funções fundamentais como sustentação, absorção de nutrientes e água. Possui um padrão de crescimento complexo e estrutura diferenciada, ambos são definidos de acordo com a estrutura do solo (quantidade de nutrientes disponíveis, profundidade, acesso a água, etc) e o tipo de planta.

Além dessas funções, as raízes desempenham alguns papéis importantes para a sobrevivência e ecologia da planta como um todo, liberando e armazenando compostos que podem interferir nos padrões populacionais intra e inter espécies (Badri & Vivanco, 2009, Oliveiros-Bastidas et al, 2009, Petry, 2015).

A rizosfera é a região do solo onde as interações entre as raízes, o solo e alguns microrganismos ocorrem e é nessa região onde as raízes tendem a liberar uma gama de compostos químicos variados. Esse processo de liberação pode ocorrer ativa ou passivamente, dependendo da espécie da planta e das condições de estresse as quais ela foi submetida (Jones, 1998 apud da Silva, 2011). A Figura 9 abaixo mostra como ocorre a interação da planta com o solo, região conhecida como rizosfera.

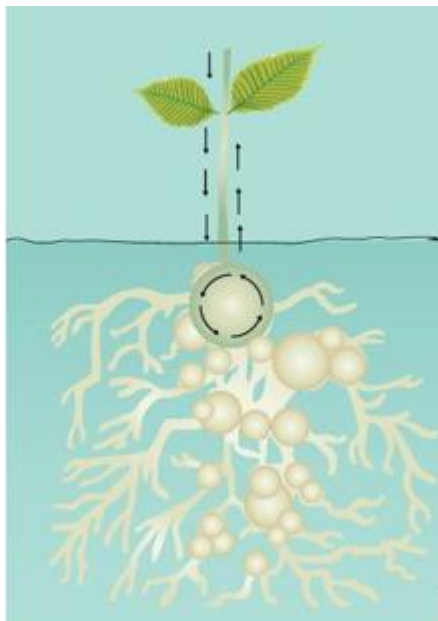


Figura 8: Esquematização de como funciona a rizosfera com rizóbios e sua interação com o solo. Fonte: Google.

Existem algumas interações mais complexas que ocorrem nessa região de contato do solo com as raízes, a sinalização química entre as raízes e outros organismos do solo é uma delas. Esses sinais químicos liberados podem atuar desencadeando reações diferentes em cada destinatário, ou seja, podem afetar diretamente algumas funções

básicas dos indivíduos ao redor da planta, sejam eles microrganismos ou outras plantas. Esses químicos podem afetar a produção de metabólitos, a respiração, a fotossíntese, o transporte de membrana e a inibição / estímulo de crescimento da raiz e da parte aérea de plantas suscetíveis ao redor (Cruz-Ortega et al, 2007, Cruz-Ortega et al 1998, Chen et al, 2002).

## 2. Objetivos

Os objetivos deste trabalho foram analisar o potencial alelopático do exsudado de raízes de algumas espécies leguminosas visando uma alternativa viável no controle de invasoras em áreas degradadas do Cerrado, localizadas no Distrito Federal. As cinco espécies selecionadas e envolvidas no estudo são todas da Família Fabaceae, são elas:

1. *Hymenaea stilbocarpa* Mart. ex Hayne, nome popular Jatobá do Cerrado;
2. *Dipteryx alata*, Vogel, nome popular Baru;
3. *Plathymenia reticulata* Benth, nome popular Vinhático;
4. *Enterolobium contortisiliquum* (Vell) Morong, nome popular Tamboril;
5. *Copaifera L* nome popular Copaíba.

Averiguar o potencial alelopático dessas espécies de leguminosas mostrou-se indispensável quando observamos o quanto elas podem auxiliar na recuperação de áreas degradadas. Neste trabalho em especial, a ênfase são as áreas do Cerrado propondo a alelopatia como ferramenta do mecanismo de restauração ecológica com cobertura vegetal.

Historicamente, o Cerrado possui taxas anuais de desmatamento superiores as das Amazônia e somente 2,2% de sua área está protegida pela legislação brasileira. As principais ameaças a biodiversidade do bioma são o aumento na erosão dos solos, degradação dos variados tipos de cobertura vegetal presente e invasão biológica. Em especial por espécies vegetais de origem africana que são utilizadas como pasto nas grandes fazendas, além é claro, do emprego do fogo de maneira não controlada e desenfreada (Klink & Machado, 2005).

De acordo com Martins (2006), uma mistura das características da planta invasora com as relações ecológicas do ambiente invadido e dos distúrbios naturais ou do manejo aplicado no ambiente é que o determina uma invasão biológica. Com isso em vista, o Cerrado sofre uma ameaça ainda maior com este tipo de invasão. Tendo em vista que os solos já estão altamente fragilizados, a cobertura vegetal cada vez mais escassa, cada vez menos recursos e disponibilidade de água (impermeabilização dos solos pela ação antrópica).

Os ecossistemas impactados por invasões biológicas apresentam três tipos de alteração, são elas: alterações nas taxas de disponibilidade e ou estocagem de recursos, alterações na estrutura trófica do ambiente invadido e ainda uma alteração do tipo, frequência ou intensidade de um regime natural de distúrbios (Vitousek, 1990).

Para Bertoni & Lombardi Neto (2008) existem algumas práticas que podem ser adotadas para recuperação do solo podem ser divididas em edáficas, mecânicas e vegetativas. Para as práticas vegetativas, alguns grupos de plantas ganham maior visibilidade, pois são capazes de realizar a fixação de nitrogênio ao solo.

A restauração ecológica com a prática vegetativa visa a utilização de cobertura vegetal como alternativa para essa recuperação do ambiente em questão. Esta prática pode ser com a utilização várias famílias de plantas, porém a família das leguminosas vêm ganhando mais enfoque. Isso porque, elas se mostram mais vantajosas para o processo, pois existe um grande número de espécies que ocorrem nas regiões do Brasil, a facilidade na obtenção de sementes e longevidade das sementes. Quanto as sementes, vale ressaltar que devido ao clima do bioma Cerrado e o agravamento das condições climáticas, elas precisam apresentar uma alta resistência às condições adversas que são encontradas.

Além disso, o uso de leguminosas é uma pratica recomendada para recuperação de áreas degradadas porque além dos fatores citados anteriormente, elas possuem características que podem facilitar o processo da restauração. Elas servem como vegetação para proteger o solo de processos erosivos, além de produzir matéria orgânica que estimula uma variedade de mecanismos químicos e biológicos melhorando a fertilidade do solo e ainda por possuírem sistema radicular profundo e ramificado aprofundam as camadas do solo (Bertoni & Lombardi Neto, 2008). Os processos erosivos do solo são amenizados devido a capacidade das raízes dessas plantas de penetrar

camadas mais profundas do solo, promovendo um aumento na área de captação de recursos assim como a área de influência dessa raiz e seus exsudatos no solo.

A utilização de espécies de leguminosas arbóreas que são capazes de se associar com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico e com fungos micorrízicos através de interações simbióticas, pode ser muito bem sucedida na recuperação dessas áreas (Nogueira, 2012). Essas características podem fornecer a planta parcial ou total independência de aporte externo desse nutriente essencial. Na figura 3 um esquema resumido da fixação e nitrogênio e seus benefícios para reverter o quadro de degradação do solo.

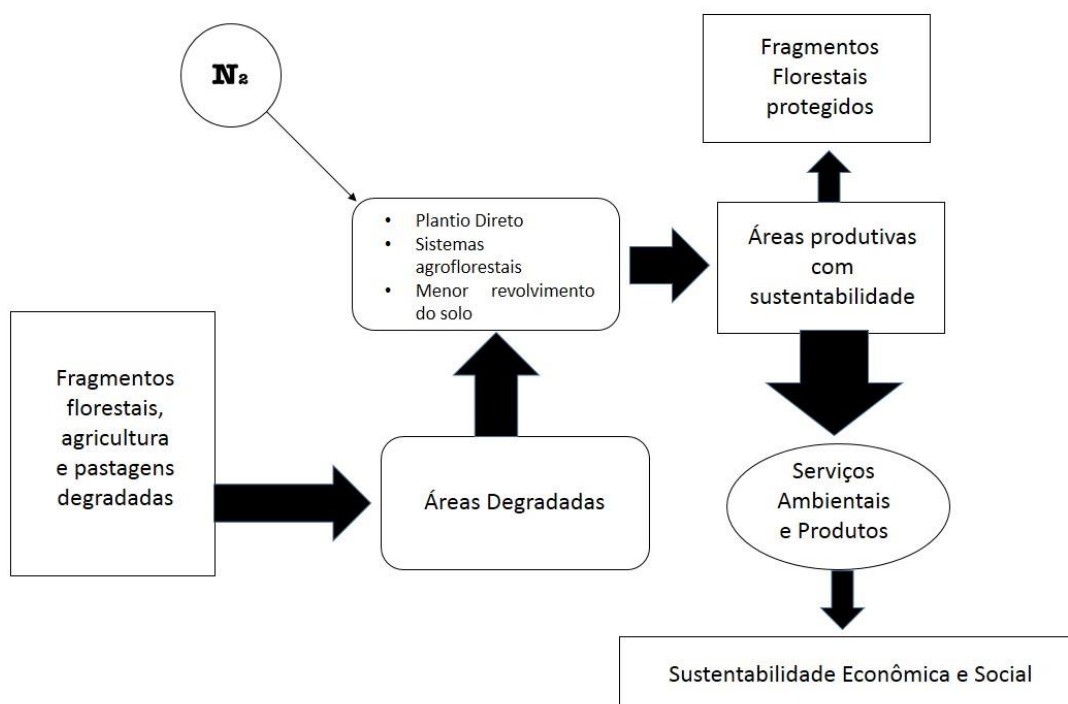


Figura 9: Importância da fixação biológica de nitrogênio na recuperação de áreas degradadas e na sustentabilidade de sistemas produtivos. Fonte: Franco et al. (2003) adaptado.

Os solos degradados, geralmente são deficientes em nitrogênio, em decorrência da perda de matéria orgânica e por isso, a fixação biológica desse nutriente ganha um espaço tão importante nos processos de recuperação do solo. Na tabela 2, podemos observar as leguminosas mais utilizadas na recuperação de áreas degradadas, sua capacidade de uso, adaptação ambiental e fixação de nitrogênio atmosférico.

Tabela 2: Leguminosas utilizadas na recuperação de áreas degradadas (RAD)

Nome científico	Nome Comum	Uso	Fixação de N (Kg/ha/ano)	Adaptação Ambiental
<i>Centrosema pubescens</i>	Centrosema	Forragem	126-398	Pastagens e lavouras
<i>Mucuna aterrima</i>	Mucuna Preta	Forragem	157	-
<i>Neotonia wightii</i>	Soja perene	Forragem	160-450	-
<i>Stylosanthes spp</i>	Estilosantes	Forragem	34-220	Rusticidade e R.A.D
<i>Vigna unguiculata</i>	Caupi	Grão	73-354	Lavouras consorciadas
<i>Cajanus cajan</i>	Guandu	Grão, forragem	168-280	-
<i>Crotalaria juncea</i>	Crotolária		154	R.A.D
<i>Acacia auriculiformes</i>	Acácia	Lenha, serraria	200	Ácidos, arenosos, úmidos
<i>Caesalpinia ferrea</i>	Pau-ferro	Serraria, ornamental e medicinal	-	Sec. ; clímax, reposição de mata ciliar
<i>Cassia grandis</i>	Cassia rosa	Serraria, ornamental e medicinal	-	Sec. Inicial, solos ácidos e úmidos
<i>Erythrina falcata</i>	Eritrina, canivete	Ornamental e medicinal	60	Sec. Inicial, solos ácidos e úmidos
<i>Gliricidia sepium</i>	Gliricidia	Forragem, lenha, outros	31	Solos pouco ácidos, úmidos
<i>Ingá spp</i>	Ingá	Lenha, ornamentação, medicinal, outro	-	Solos ácidos, encharcados
<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucena	Forragem, lenha, outros	500-600	Solos neutros
<i>Mimosa scabrella</i>	Bracatingaa	Lenha, celulose, outro	Até 253	Pioneira, solos ácidos, R.A.D

Fonte: CEMARH (2010) adaptada.

Levando em consideração todos esses fatores, as leguminosas nativas do Cerrado ganham destaque neste trabalho e foram utilizadas como espécies a terem seu potencial alelopático avaliado.

### 3. Metodologia

Para realizar as análises dos potenciais alelopáticos dessas espécies, foram feitos extratos aquosos dos exsudatos das raízes de cada uma das plantas selecionadas, com concentrações diferentes para o uso no experimento de germinação das sementes e crescimento inicial das partes aéreas e radiculares de três espécies modelo. As mudas das plantas com potencial foram adquiridas do viveiro Paisagem Nativa, localizado nas redondezas do Distrito Federal, totalizando dez mudas de cada planta em tubetes plásticos de 55 cm<sup>3</sup>.

As plantas eram: *Hymenaea stilbocarpa*, nome popular Jatobá do Cerrado; *Dipteryx alata*, nome popular Baru; *Plathymenia reticulata* nome popular Vinhático; *Enterolobium contortisiliquum* nome popular Tamboril; *Copaifera langsdorfii* nome popular Copaíba. As mudas dessas espécies cresceram por volta de quatro a cinco meses no viveiro. Além das mudas, foram obtidas cerca de 10 dos mesmos tubetes contendo apenas o substrato em que as mudas foram plantadas. As sementes das plantas modelo que foram utilizadas já estavam no Laboratório de Alelopatia da Universidade de Brasília e foram adquiridas por serem espécies de amplo estudo e de cultivo comercial.

Todo o experimento foi administrado dentro do Campus Darcy Ribeiro, da Universidade de Brasília, no laboratório de Alelopatia Alfredo G. Ferreira do Departamento de Botânica, no Instituto de Biologia.

### 3.1 Preparo dos extratos

A preparação dos extratos foi feita num método bem diferenciado, visando imitar o mais próximo possível do que ocorre na natureza. Várias metodologias foram analisadas, porém o método escolhido não consta em outros estudos. Foi montado um mecanismo para essas extrações, onde as mudas das plantas potenciais eram encaixadas em um Kitassato que estava ligado a uma bomba de vácuo. A muda era irrigada com 40 mL de água destilada na hora da coleta do exsudado da raíz, com o motor da bomba ainda desligado. O tubete plástico foi encaixado no Kitassato, a bomba de vácuo ligada. O encaixe do tubete de plástico no Kitassato era quase exato deixando o mínimo de folga possível, formando assim a pressão necessária para que a água e o extrato fossem coletados (Figura 4). A pressão foi suficiente para retirar toda água que foi adicionada e ainda o exsudado radicular desejado em alguns segundos.

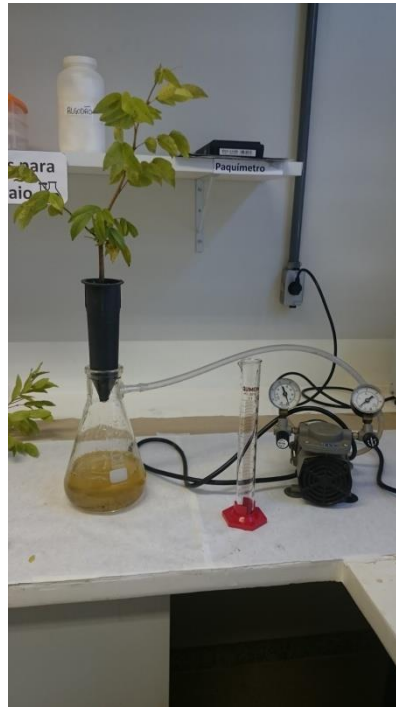


Figura 10: Mecanismo utilizado para extração de exsudatos radiculares.

Em seguida, o exsudado foi filtrado para a eliminação de resíduos simples da planta (como o substrato onde a muda se encontrava e até mesmo terra) com o auxílio de um funil de Buchner, forrado com papel filtro, um plástico bolha na base do funil para proporcionar a vedação necessária e um Kitassato ligado a bomba de vácuo. O plástico bolha conseguiu fazer a vedação necessária para que o exsudato passasse sem grandes problemas pelo papel filtro e os resíduos ficassem depositados no funil. A Figura 11 mostra como foi realizada a filtragem do exsudado radicular obtido. Não foram utilizadas outras substâncias com a finalidade de purificar o exsudado obtido, ou seja, para este estudo a finalidade era a análise do material obtido com menos interferência possível. A intenção era simular o que poderia acontecer naturalmente no ambiente nativo das plantas estudadas.





Figura 11: Processo de filtração a vácuo do exsudado radicular retirado anteriormente.

O extrato 100% foi utilizado nos testes de germinação, assim como duas diluições na concentração deste com água destilada, sendo um de 50% e a outra de 25% e ainda uma concentração de 0% de exsudado, ou seja, somente água destilada. O tratamento controle foi feito a partir do extrato obtido pelo mesmo processo citado anteriormente, porém utilizando somente o substrato adquirido nos tubetes, sem muda de planta. Foram feitas as mesmas diluições deste extrato, ou seja, 100%, 50% e 25%.

### 3.2 Bioensaios

Os exsudatos das cinco plantas obtidos através do experimento citado no item anterior foram utilizados para montagem do bioensaio. Utilizou-se placas de Petri com 6 centímetros de diâmetro, forradas com papel filtro, onde foram administradas cerca de 1,5 mL com uma pipeta de Pasteur de cada solução obtida para cada planta. Nas placas, foram colocadas 10 sementes por placa, ou seja, por replicata e 4 replicatas por tratamento (ou concentração). As sementes das espécies-modelo utilizadas foram de alface (*Lactuca sativa*), rabanete (*Raphanus sativa*) e de gergelim (*Sesamum indicum*).

Após a colocação das sementes, as placas foram fechadas e vedadas com Parafilm® para que não ocorresse a evaporação do exsudado. As placas foram espalhadas de maneira aleatória dentro da câmara de germinação com temperatura de 25°C e como fotoperíodo de 12h por 5 dias (*R. sativus* e *S. indicum*) e 6 dias (*L. sativa*). A Figura 12 abaixo são fotos dos bioensaios com as três espécies modelo depois da germinação.



Figura 12: Os bioensaios montados. A: sementes germinadas de alface; B: sementes germinadas de gergelim; C: sementes germinadas de rabanete.

### 3.3 Medição e análise dos resultados

Após esse período na câmara de germinação, as placas foram então congeladas para viabilizar a medição das plântulas com tempo de crescimento igual. As plântulas foram fotografadas e tiveram suas partes áreas e radiculares medidas no software ImageJ®. Os valores foram enviados para uma tabela, onde foi possível realizar o cálculo de porcentagem de inibição em referência ao controle positivo, que no caso era o exsudado de substrato, interferência da raiz da planta.

Para efetuar esse cálculo foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\% \text{ de inibição} = (XT * 100 / XC) - 100$$

Onde XT é a média de crescimento das plântulas em cada tratamento e XC a média de crescimento das plântulas controle. Essa fórmula foi utilizada tanto medir a inibição ou crescimento da parte área quanto da parte radicular de cada tratamento.

## 4. Resultados

O exsudado radicular de todas as espécies estudadas mostraram potencial alelopático em todas as espécies modelo adotadas neste trabalho, porém algumas se destacaram mais de acordo com a análise das taxa de inibição tanto da parte área quanto da parte radicular para cada tratamento. Os resultados de cada espécie de leguminosa foi analisado separadamente, para analisar se houve também uma maior efeito de exsudado de alguma das espécies estudadas em particular.

4.1 Baru

O bioensaio com exsudado radicular de *D. alata* pode ser observado na Figura 5. O crescimento da parte radicular e da parte área apresentou inibição quando as plântulas de *L. sativa*, *R.sativus*, e *S. indicum* cresceram na presença do exsudado radicular de *D. alata*, em relação ao controle, sendo que nas concentrações mais altas, a inibição tendeu estatisticamente a ser maior. As plântulas de *R.sativus* se destacaram mais porque diferiram bastante em relação ao controle e todas as concentrações, em ambas as partes, chegando a uma porcentagem de 65,14% de inibição da parte radicular e 65,56% de inibição da parte área na concentração de 100%.

.

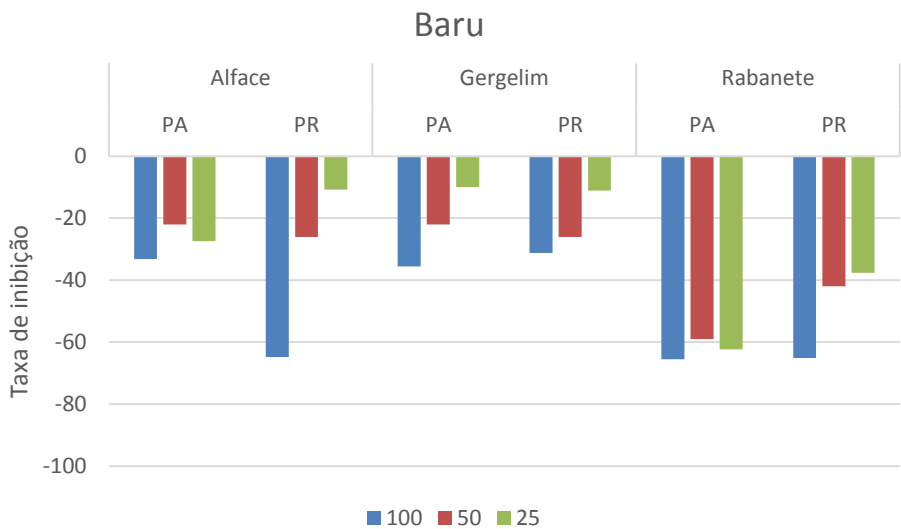


Figura 13: Porcentagem de inibição/estímulo no crescimento inicial da parte área (PA) e da parte radicular (PR) de plântulas de alface (*L. sativa*), gergelim (*S. indicum*) e rabanete (*R.sativus*) sob a influência do exsudado radicular de *D. alata*, o Baru.

Tabela 3: Porcentagem de inibição de crescimento nos três tratamentos com exsudatos radiculares de Baru

	Alface		Gergelim		Rabanete	
	PA	PR	PA	PR	PA	PR
100%	-33,1777	-64,7757	-35,5719	-31,182	-65,5624	-65,1485
50%	-21,9963	-26,1028	-30,6943	-18,6631	-58,9919	-42,0041
25%	-27,424	-10,782	-9,99086	-11,1241	-62,2977	-37,6774

4.2 Vinhático

A influência do exsudado radicular de *P. reticulata*, apresentou alguns pontos diferentes em relação a análise anterior, como pode ser observado na Figura 6. As plântulas de alface (*L. sativa*) se mostraram pouco sensíveis, diferindo pouco do controle e ainda apresentando um leve estímulo na parte área, mesmo nas concentrações mais altas do exsudado e a parte radicular se mostrou muito mais sensível na concentração de 100% e reduzindo essa inibição nas concentrações mais baixas de exsudado.

Em contraponto, as plântulas de gergelim (*S. indicum*) apresentaram maior sensibilidade e seguiram a tendência de que quanto menor a concentração de exsudado, menor a influência dele sobre o crescimento das mesmas. Já as plântulas de rabanete (*R. sativus*) apresentou inibição em todos os tratamentos, mostrando assim uma maior sensibilidade, chegando a 54% de inibição da parte área e 73,34% da parte radicular na concentração mais alta.

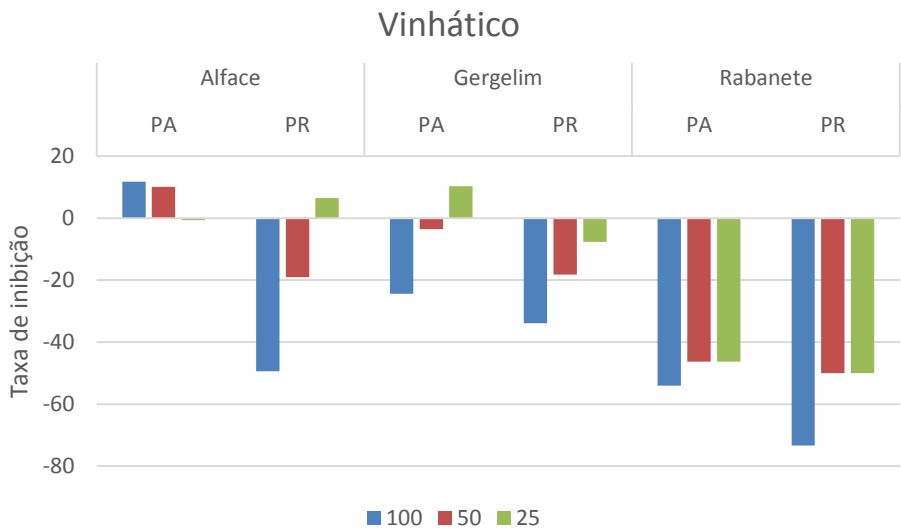


Figura 14: Porcentagem de inibição/estímulo no crescimento inicial da parte área (PA) e da parte radicular (PR) de plântulas de alface (*L. sativa*), gergelim (*S. indicum*) e rabanete (*R. sativus*) sob a influência do exsudado radicular de *P. reticulata*, o vinhático.

Tabela 4: Porcentagem de inibição de crescimento nos três tratamentos com exsudatos radiculares de Vinhático

	Alface		Gergelim		Rabanete	
	PA	PR	PA	PR	PA	PR
100%	11,7841	-49,4199	-24,3986	-33,9581	-54,0156	-73,3422
50%	10,0746	-19,0147	-3,51247	-18,2136	-46,2987	-50,0501
25%	-0,60603	6,541286	10,333	-7,71318	-44,422	-35,1631

### 4.3 Jatobá

Para a espécie *H. stilbocarpa* o exsudado radicular exerceu uma influência inibitória grande em todas as espécies modelo como pode ser observado na Figura 7. Os resultados se assemelham um pouco com os obtidos com a espécie *D. alata*, os onde as plântulas de alface (*L. sativa*), gergelim (*S. indicum*) e rabanete (*R. sativus*) mostraram alta sensibilidade ao exsudado, isso sugere um potencial alelopático alto. Nas concentrações mais altas, o poder inibitório chegou a 58,96% na parte área e 67,27% na parte radicular.

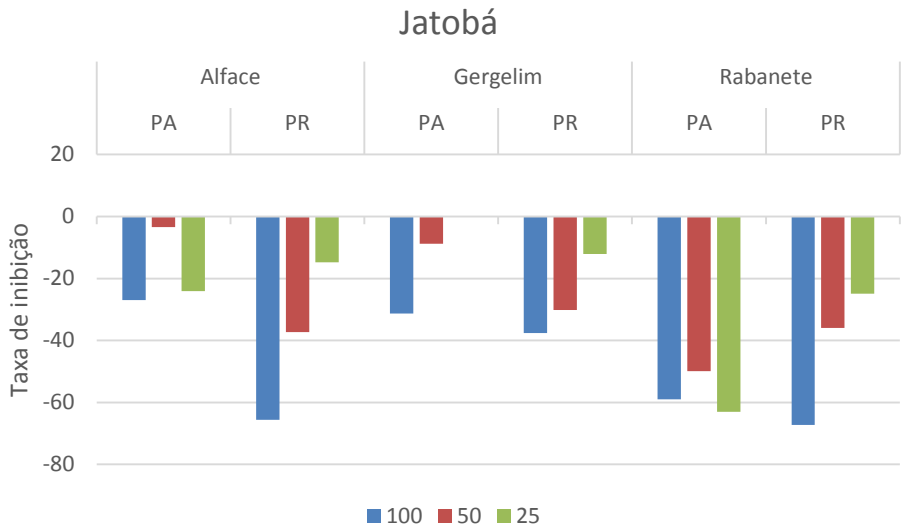


Figura 15: Porcentagem de inibição/estímulo no crescimento inicial da parte aérea (PA) e da parte radicular (PR) de plântulas de alface (*L. sativa*), gergelim (*S. indicum*) e rabanete (*R. sativus*) sob a influência do exsudado radicular de *H. stilbocarpa*.

Tabela 5: Porcentagem de inibição de crescimento nos três tratamentos com exsudatos radiculares de Jatobá.

	Alface		Gergelim		Rabanete	
	PA	PR	PA	PR	PA	PR
100%	-26,9558	-65,6018	-31,335	-37,665	-58,9676	-67,2768
50%	-3,44295	-37,2706	-8,76273	-30,1982	-49,9476	-35,9408
25%	-24,1039	-14,7632	0,025774	-12,0934	-63,0082	-24,8798

### 4.4 Copafba

Os exsudatos radiculares de *Copaífera L* um potencial alelopático diferenciada das demais espécies como pode ser visualizado na Figura 8. A parte área das plântulas de gergelim (*S. indicum*) apresentaram um estímulo na presença do exsudado enquanto as partes radiculares apresentaram o comportamento estatístico já observado com os demais exsudatos com taxas de inibição maiores de acordo com a concentração do tratamento. As plântulas de rabanete (*R.sativus*) apresentaram maior sensibilidade aos tratamentos chegando a ter 48,40% de inibição da parte área e 47,47% da parte radicular.

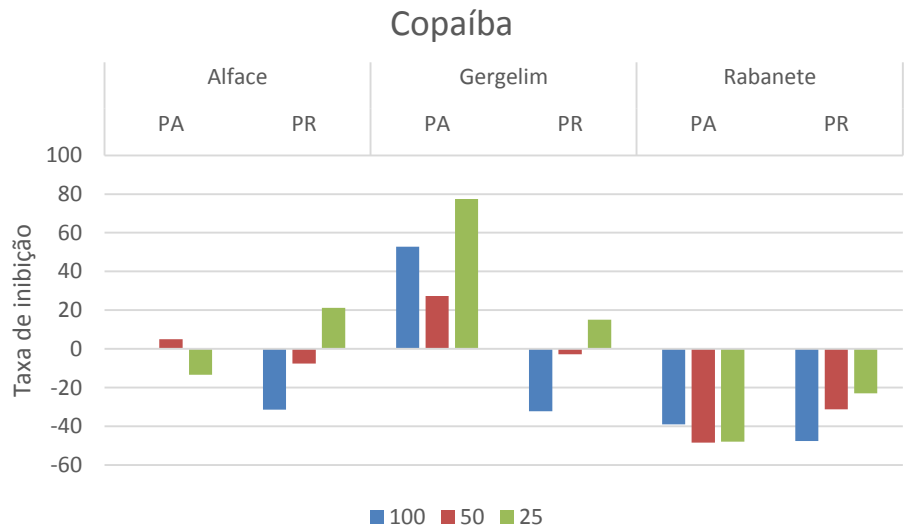


Figura 16: Porcentagem de inibição/estímulo no crescimento inicial da parte área (PA) e da parte radicular (PR) de plântulas de alface (*L. sativa*), gergelim (*S. indicum*) e rabanete (*R.sativus*) sob a influência do exsudado radicular de *Copaífera L*.

Tabela 6: Porcentagem de inibição de crescimento nos três tratamentos com exsudatos radiculares de *Copaíba*

	Alface		Gergelim		Rabanete	
	PA	PR	PA	PR	PA	PR
100%	0,039747	-31,3258	52,77017	-32,2228	-38,8889	-47,4705
50%	5,027932	-7,59333	27,38836	-2,80558	-48,4055	-31,2472
25%	-13,267	21,29846	77,51925	15,12561	-47,863	-22,9344

#### 4.5 Tamboril

Sobre a influência dos exsudatos radiculares de *E. contortisiliquum* podemos observar algumas diferenças em relação ao potencial alelopático dessa espécie como pode ser observado na Figura 9. As partes áreas das plântulas de alface (*L. sativa*), gergelim (*S. indicum*) sofreram pouca ou quase nenhuma influência inibitória e as partes radiculares mostraram um padrão inibitório crescente de acordo com a concentração, sendo maior nos tratamentos de 100% e 50%, e muito pouca influência nos tratamentos de 25%. No entanto, as plântulas de rabanete (*R.sativus*) mostraram maior sensibilidade em todos os tratamentos e a parte radicular sofreu um poder inibitório mais forte que a parte radicular, chegando a 85,2% de inibição.

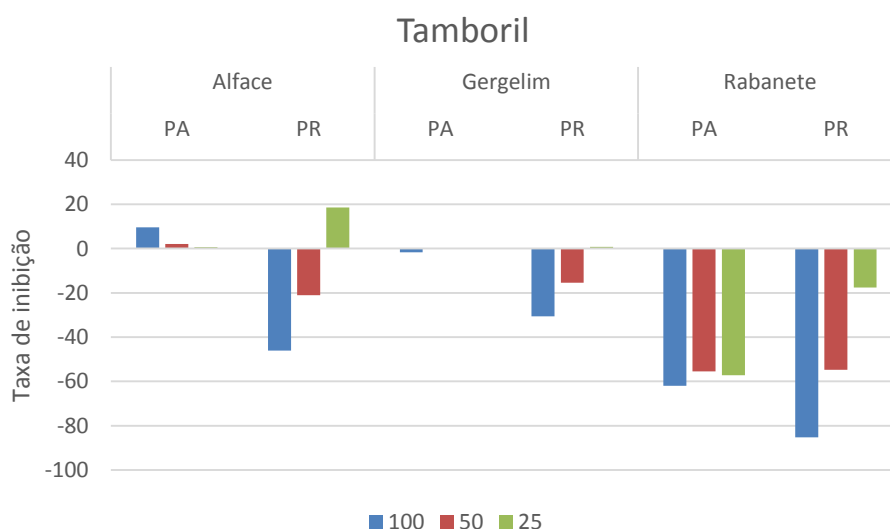


Figura 17: Porcentagem de inibição/estímulo no crescimento inicial da parte área (PA) e da parte radicular (PR) de plântulas de alface (*L. sativa*), gergelim (*S. indicum*) e rabanete (*R.sativus*) sob a influência do exsudado radicular de *E. contortisiliquum*.

Tabela 7: Porcentagem de inibição de crescimento nos três tratamentos com exsudatos radiculares de Tamboril.

	Alface		Gergelim		Rabanete	
	PA	PR	PA	PR	PA	PR
100%	9,666648	-46,1301	-1,63381	-30,5306	-62,0049	-85,2605
50%	2,044003	-21,0055	-0,0641	-15,3716	-55,4191	-54,716
25%	0,597242	18,58596	-0,00788	0,778783	-57,1648	-17,5142

## 5. Discussão

Dentro dos padrões observados nos gráficos e nas taxas de inibição, os exsudatos radiculares das espécies de Fabaceae que foram objetos deste estudo, mostraram sua influência na germinação e crescimento das plantas modelo analisadas. No entanto, algumas espécies mostram exercer uma influência mais intensa que as outras. Nos três tipos de concentração estudadas, 100%, 50% e 25%, apenas nas mais altas, ou seja, de 100% e de 50%, o que efeito inibitório foi forte o suficiente para afetar principalmente as raízes, fenômeno que já foi comprovado em outros trabalhos com compostos alelopáticos.

Apesar de não ter analisado a resposta germinativa das sementes neste estudo, os outros efeitos sobre essas plantas foram os parâmetros adotados para verificação da intensidade do efeito alelopático das leguminosas nas plantas modelo. Existem vários trabalhos que demonstram que os efeitos na germinação são menos sensíveis que no desenvolvimento das partes aéreas e nas partes radiculares, mas são analisados por serem de visualização facilitada e maior praticidade no processo de quantificação (Silva, 2004; Candido, 2007; Inderjit et al., 1995; Ferreira e Borghetti, 2004).

Os exsudatos radiculares com resultados mais significativos foram das plantas de *D. alata*, o Baru, e de *H. stilbocarpa*, o Jatobá, mostrando maior influência sobre o rabanete (*R. sativus*) do que sob as demais espécies. De acordo com Souza Filho & Duarte (2007), a sensibilidade das plantas a maioria dos efeitos das fitotoxinas provenientes dos aleloquímicos está no desenvolvimento das raízes.

Com isso em mente, os efeitos de experimentos, tipo bioensaios realizados em placas de Petri, esse efeito das raízes é observado com mais frequência em relação a parte aérea, tendo em vista que a absorção dos aleloquímicos é facilitada pela presença do papel de filtro que é utilizado para forrar as placas. Soma-se a isso, o fato das raízes em formação serem mais sensíveis e permeáveis aos extratos do que as partes aéreas, pois estas últimas possuem uma cutícula protetora mais espessa, aumentando a concentração dos exsudatos estudados nas radículas (Correia e Colaboradores, 2005).

A análise desses bioensaios, dentro de ambientes controlados, proporciona uma visão sobre o potencial alelopático que essas espécies podem exercer em plantas vizinhas quando estão em seu ambiente natural, no entanto, os resultados podem apenas servir de estudo preliminar. A prova de que esses compostos realmente exerce uma influência tão severa está relacionada a outros fatores, que dentro do ambiente controlado são eliminados.

A comprovação da presença dos alelopáticos nas concentrações estudadas, não garantem a persistência dos mesmos no solo, levando em consideração todos os processos



contínuos que ele sofre, como retenção de água, transporte de nutrientes e ainda pode acarretar possíveis modificações nos mecanismos dos aleloquímicos liberados na rizosfera.

Acumular conhecimento sobre determinado bioma pode auxiliar no seu manejo correto, nas ações voltadas para potencializar sua conservação e ainda melhorar as técnicas relacionadas a restauração desse bioma. A alelopatia tem um enorme potencial pode ser usada como uma ferramenta de restauração ecológica, no entanto, por apresentar um alto nível de complexidade os experimentos não são suficientes para conhecer todas as utilizações dessa ferramenta.

Os mecanismos de interações entre as plantas são inúmeros e a alelopatia é apenas mais um deles, por isso vê-se a necessidade de mais estudos que sejam capazes de simular as condições naturais de maneira mais próxima possível, levando em consideração os aspectos bioquímicos, fisiológicos, celulares, moleculares, além da identificação de todos os compostos que fazem parte do processo e quais estão agindo em cada parte das plantas receptoras (Inderjit e Weston, 2000).

Conforme observado por Sousa Filho (2002), a vegetação do Cerrado de maneira geral pode conter um potencial alelopático muito extenso, tendo em vista que esse fenômeno resultante do metabolismo secundário das plantas está diretamente relacionada as condições ambientais que são características desse bioma, como escassez hídrica, regime de fogo e ainda a baixa disponibilidade de nutrientes acessíveis. Tendo isso em mente, fica claro o papel das espécies nativas com potencial alelopático para o controle da invasão biológica acarretada pela introdução de gramíneas de origem africana no bioma do Cerrado, que hoje representam uma das maiores ameaças a conservação à biodiversidade presente do mesmo.

## 6. Conclusão

Os experimentos laboratoriais conduzidos com as plantas *Hymenaea stilbocarpa*; *Dipteryx alata*; *Plathymenia reticulata*; *Enterolobium contortisiliquum*; *Copaifera langsdorfii*; permitiram uma análise do potencial alelopático de cada uma. Os efeitos deletérios ou inibitórios observados no crescimento inicial das radículas ou das partes áreas da plantas modelo, variou de acordo com a concentração do exsudatos radiculares de cada espécie nativa. Os efeitos no crescimento inicial que detectados seguiram padrões

diferentes para cada exsudado, porém, em um ponto de vista mais geral, observou-se um padrão inibitório em todas as amostras, sendo maior nas concentrações mais altas e reduzindo de acordo com as diluições realizadas no exsudado radicular obtido.

A metodologia adotada auxiliou na melhor compreensão do comportamento alelopático mais próximo do que ocorre naturalmente no Cerrado com essas leguminosas. Por não conter outros compostos químicos cuja a finalidade seria purificar os exsudatos obtidos.

Apesar de os resultados obtidos serem muito significativos, técnicas mais sofisticadas são necessárias para identificação dos compostos químicos presentes. Além, é claro, da compreensão do mecanismo de ação dos mesmos em níveis diferentes dos observados em situação laboratorial. Essas observações obtidas nos ensaios não consegue definir precisamente como esses compostos se comportam nos solos, assim como a persistência dos mesmos em condições naturais e a atuação deles nas plantas-receptoras.

Os resultados obtidos incentivam a realização de novos experimentos com outras espécies de leguminosas nativas, principalmente para o estudo de controle de invasoras. A alelopatia pode servir como mecanismo facilitador na recuperação de áreas degradadas ou que sofreram invasões biológicas severas e precisam passar por processos de restauração. As unidades de conservação precisam desse mecanismo para poder controlar gramíneas de origem africana para conseguirem um plano de ação eficiente e assim, manter a biodiversidade desse rico ecossistema.

## 7. Referências bibliográficas

ALMEIDA, A. R.P. **Efeitos alelopáticos de espécies de *Brachiaria* Griseb, sobre algum as leguminosas forrageiras tropicais.** Piracicaba: ESALQ/USP, 1993. 73p. Dissertação de Mestrado.

ARAKI, DENIS FAQUIM. **"Avaliação da semeadura a lanço de espécies florestais nativas para recuperação de áreas degradadas."** Piracicaba, SP. Abril, 2005.

BADRI, D.V.; & VIVANCO, J.M. **Regulation and function of root exudates.** Plant, Cell & Enviroment, 32(6), 666-681, 2009.

BARBOSA, E.G.; PIVELLO, V.R.; MEIRELLES, S.T. **Allelopathic evidence in *Brachiaria decumbens* and its potential to invade Brazilian Cerrados.** Braz.arch.biol.techno, v. 51, n. 4, p. 825-831. 2008.

BERTONI, J.; PASTANA, F.I.; LOMBARDI NETO, F. & BENATTI Jr., R. **Conclusões gerais das pesquisas sobre conservação do solo no Instituto Agronômico.** Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 1972. 56p. (Circular, 20)

BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**, 7ª Edição, Editora Ícone. São Paulo, SP. 2008, 355p.

BROWN, S.; LUGO, A.E. **Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining development.** Restoration Ecology, v.2, n.2, p. 97-111, 1994.

CANDIDO, A. C. da S. 2007. 99 f. **Potencial Alelopático da Parte Aérea de *Senna occidentalis* (L.) Link (Leguminosae, Caesalpinoideae): bioensaios em laboratório e casa de vegetação.** Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal), Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2007

CARMONA, R.; MARTINS, C. R.; FAVERO, A. P. **Características de Sementes de Gramíneas Nativas do Cerrado**. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v. 34, n. 6, p. 1067 – 1074, jun 1999.

DA SILVA, E.R. **Exsudação radicular e sua utilização por rizobactérias**. Instituto Agrônômico. Campinas, SP. 2011, p, 51. Dissertação de Mestrado.

DURIGAN, G. **Bases e diretrizes para a restauração da vegetação do Cerrado**. Restauração ecológica de ecossistemas naturais. Vários autores. Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais - FEPAF, Botucatu, São Paulo. 2008.

D'ANTONIO, C. M.; VITOUSEK; P. M. **Biological Invasions by Exotic Grasses, the Grass/Fire Cycle, and Global Change**. Annual Review of Ecology and Systematics, v. 23, p. 63 – 87, 1992.

Sano, E. E; Rosa, R.; Brito. J. L. S.; Ferreira, L. G. **Semidetailed land use mapping in the Cerrado**. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.43, n.1, p.153-156, jan. 2008

EL-GRAREEB, R. M. **Supression of annuals by *Tribulus terrestris* in na abandoned field in the sandy deserto f Kuwait**. J. Veg. Sci., v. 2, p. 147-154, 1991.

ENGEL, V.L. & J.A. PARROTTA. 2003. **Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais**. In: Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais. Páginas: 01-26 em P. Y. Kageyama, R. E. Oliveira, L. F. D. Moraes, V. L. Engel e F. B. Gandara, editores. Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais. Botucatu, SP.

FERREIRA, J. M.; FERREIRA, C. W.; BOTLHO, A. S. **Avaliação da regeneração natural do entorno de uma nascente como estratégia para sua recuperação**. Revista Brasileira de Biociencias, Porto Alegre, 2007.

FRANCO, A.A.; RESENDE, A.S. de; CAMPELLO, E.F.C. **Importância das leguminosas arbóreas na recuperação de áreas degradadas e na sustentabilidade de sistemas agroflorestais**. In: Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento Sustentável, Mato Grosso do Sul, p. 1-24, 2003.

FREITAS, G.K. & PIVELLO, V. R. A ameaça das gramíneas exóticas à biodiversidade. *in*: PIVELLO, V.R.; VARANDA, E.M. (Org.). **O Cerrado Pé-de-Gigante (Parque Estadual de Vassununga, São Paulo) – Ecologia e Conservação**. 1<sup>a</sup> ed. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2005.

HIERRO, J. L. & CALLAWAY, Regan M. **Allelopathy and exotic plant invasion**. *Plant and Soil*, v. 256, p. 29-30, 2003.

INDERJIT; WESTON, L. A. **Are laboratory bioassays for allelopathy suitable for prediction on field responses?** *Journal of Chemical Ecology*, v. 26, n. 9, 2000.

INDERJIT; DAKSHIN, K. M. M. **On laboratory bioassays in Allelopathy**. *The Botanical Review*, v. 61, n. 1, 1995.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B. **Recuperação de áreas ciliares**. *In*: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO. (Ed) 2000. *Matas ciliares (conservação e recuperação)*. São Paulo: EDUSP/FAPESP, p-249-269.

KLINK, C. A. **Effects of clipping on size and tillering of native and African grasses of the Brazilian savannas (the Cerrado)**. *Oikos*, v. 70, p. 365-367, 1994.

KLINK, C.A. & A.G. MOREIRA. **Past and current human occupation and land-use**. *In*: P.S. Oliveira & R.J. Marquis (eds.). *The Cerrado of Brazil. Ecology and natural history of a neotropical savanna*. pp. 69-88. Columbia University Press, New York. 2002.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. **A Conservação do Cerrado Brasileiro**. *Megadiversidade*, v. 1, n. 1, p.147-155, julho 2005.

JONES, D.L.; HODGE, A.; KUZUYAKOV, Y. **Plant and mycorrhizal regulation of rhizodeposition**. *New Phytol.* 163, p. 459-480. 2004.

MACHADO, R.B., M.B. RAMOS NETO, P. PEREIRA, E. CALDAS, D. GONÇALVES, N. SANTOS, K. TABOR & M. STEININGER. 2004a. **Estimativas de**

**perda da área do Cerrado brasileiro. Conservation International do Brasil, Brasília, DF.**

MARTINS, C. R. **Caracterização e manejo da gramínea *Melinis minutiflora* P. Beauv. (Capim-Gordura): uma espécie invasora do Cerrado.** 2006. 145 f. Tese (Doutorado em Ecologia)-Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

MARTINS, C. R.; HAY, J. Du V.; CARMONA, R. **Potencial Invasor de duas Cultivares de *Melinis minutiflora* no Cerrado Brasileiro: características de sementes e estabelecimento de plântulas.** R. Árvore, Viçosa-MG, v.33, n.4, p.713-722, 2009.

MIYASAKA, S. **Histórico de estudos de adubação verde, leguminosas viáveis e suas características.** In: FUNDAÇÃO CARGIL. Adubação verde no Brasil. Campinas, p.64-124, 1984.

MINTER/IBAMA. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação.** Brasília, DF. IBAMA, 96p, 1990.

NOGUEIRA, N.O.; OLIVEIRA, M.O.; MARTINS, S.C.A.; BERNARDES, C.O. **Utilização de leguminosas para recuperação de áreas degradadas.** Enciclopédia Biosfera, v.8, n. 14, p.2121. Centro Científico Amanhecer. Goiânia, GO.

OLIVEIROS-BASTIDAS, A.J.; MACIAS, F.A; FERNANDEZ, C.C; MARIN, D.; MOLINILLOM, J.M.G. **Exsudatos de la raiz y su relevância actual em lãs interacciones alelopaticas.** Quimica Nova, 32, p. 198-213. 2009.

PETRY, G.L. **Atividade fitotóxica de extratos e exsudatos radiculares de *Guilandia bonduc* L. (Fabacea).** Universidade de Brasília, p. 91. Dissertação de Mestrado. 2015.

REIGOSA, M.; GOMES, A.S.; FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Allelopathic research in Brazil.** Acta Botanica Brasilica 27(4): 629-646. 2013.

RICE, E. L. Allelopathy: an Overview. In: WALLER, G. R. **Allelochemical, role in agriculture and forestry**. Washington, D.C.: American Chemical Society, p. 7-22. (ACS. Symposium Series, 330) 1987.

RIDENOUR, W. M. and CALLAWAY, R.M. **The relative importance of allelopathy in interference: the effects of na invasive weed on a native bunchgrass**. *Oecologia* 126, 444-450, 2001.

SAMPAIO, A. B.; SCHMIDT, I. B. **Espécies Exóticas Invasoras em Unidades de Conservação Federais do Brasil**. *Biodiversidade Brasileira*, v. 3, n. 2, p. 32-49, 2013.

SANTOS, A.C.; SILVA, I.F.; LIMA, J.R.S; ANDRADE, A.P.; CAVALCANTE, V.L. **Gramíneas e leguminosas na recuperação de áreas degradadas: efeito nas características químicas do solo**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.25, n.4, p 1063-1071, 2001.

SILVA, F. M. da. **Verificação da Eficiência dos Bioensaios com Extratos Aquosos no Diagnóstico do Potencial alelopático: contribuição ao estudo de espécies nativas brasileiras**. 2004. 87f. Dissertação (Mestrado em Botânica) Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto alegre, 2004.

Sociedade Internacional de Alelopatia. 2012. Disponível em: <http://www.international-allelopathy-society.org>. Acesso em 20 maio 2016

SOUZA FILHO, A. P. da S.; ALVES, S. de M. **Alelopatia: princípios básicos e aspectos gerais**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002.

SOUZA FILHO, A. P. da S., et al. **Metodologias Empregadas em Estudos de Avaliação da Atividade Alelopática em Condições de Laboratório: revisão crítica**. *Revista Planta Daninha*, Viçosa – MG, v. 28, n. 3, p. 689-697, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ª edição. Porto Alegre: Artmed, 719 p. 2009.

UNEP. **Implications of the findings of the Milenium Ecosystem Assessment for the future work of the Convention – Addendum – Sumary for decision makers of the biodiversity synthesis report**. UNEP, 2005.

VITOUSEK, P. M. **Biological invasions and ecosystem processes: towards an integration of population biology and ecosystem studies.** *Oikos*, v. 57, n. 7 p. 13, 1990.

WILLIAMS, D. G.; BARUCH, Z. **African grass invasion in the Americas: ecosystem consequences and the role of ecophysiology.** *Biological Invasions*, v. 2, p. 123-140, 2000.

WU, H.; PRTLEY, J.; LEERLE, D.; HAIG, T.; AN, M. **Screening Methods for the Evaluation of Crop Allelopathic Potencial.** *The Botanical Review*, v. 67, n. 3, 2001.